

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-36473

(43)公開日 平成9年(1997)2月7日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平7-178402

(22)出願日 平成7年(1995)7月14日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 田中 俊明

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 内田 憲治

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 渡辺 明禎

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体レーザ素子

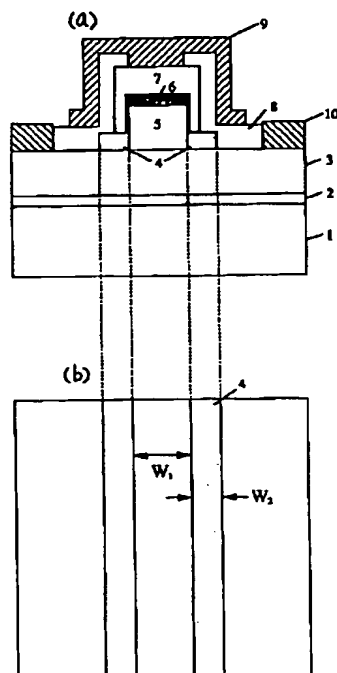
(57)【要約】

【目的】 本発明の目的は、室温において青紫色波長領域のレーザ動作を行う半導体レーザ素子を提供することにある。

【構成】 絶縁膜マスク4を用いて選択成長を行うことにより、Nitride材料からなる導波路ストライプを(0001)C面サファイア基板の(11-20)A面に平行な方向に形成する。このとき、絶縁膜SiO₂マスク4の間隔W₁を1～2μm範囲とし、マスク幅W₂を5～30μm範囲に設けた。次に、絶縁膜でカバーし、リソグラフィにより、p及びn電極を蒸着する。この後、劈開スクライプする。

【効果】 本発明によれば、断面形状を矩形状に制御した低損失の光導波路層を作製でき、さらに実屈折率差によって基本横モードが安定に導波される横モード制御型BH構造が実現できる。本素子は室温において発振し、発振波長410～430nmの範囲であった。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】単結晶基板上に形成した光導波路構造を有する半導体レーザ素子において、光導波層及び発光活性層は選択成長技術により設けることとし、選択成長用の絶縁膜マスクパターンにおいてマスク幅や間隔を規定することにより該光導波路構造は矩形状の断面形状からなるストライプ構造を有し、該導波路上面は基板面と平行で平坦な面からなり該導波路側面は基板に対して垂直で平滑面となっており、光導波路構造内部では発光活性層が光導波層に埋め込まれていることにより、活性層横方向に実屈折率差を設けて、基本横モードを安定に導波する埋め込み(BH;Buried Heterostructure)型ストライプ構造を構成していることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項2】請求項1記載の半導体レーザ素子において、矩形状の断面形状からなる該光導波路ストライプ構造を選択成長技術により形成する上に、かつ導波光の共振方向においても絶縁膜マスクを用いて基板面に垂直な平滑面を選択成長技術によって形成してあることにより、基板面に垂直な平滑面をFabry-Perot共振器端面として機能させる共振器構造を有していることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項3】請求項2記載の半導体レーザ素子において、選択成長技術により導波光の共振方向において形成した基板面に垂直な共振器端面に対して、ブラッグ分布帰還型(DBR; Distributed Bragg Reflector)構造からなる高反射膜を選択成長技術により該光導波路構造の形成に引き続いて設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項4】請求項1記載の半導体レーザ素子において、該発光活性層は格子歪を導入した歪バルク層からなるダブルヘテロ構造であるか或は格子歪を導入した歪量子井戸層からなる単一或は多重歪量子井戸構造により構成してあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項5】請求項1又は4記載の半導体レーザ素子において、発光素子の光導波路構造は窒化物材料からなり、少なくとも $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$)の各元素のどれかを含む結晶層から構成され、さらにAsやPを加えた結晶層から構成されていてもよく、発光活性層は上記結晶層のダブルヘテロ構造或は量子井戸構造からなることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項6】請求項3記載の半導体レーザ素子において、屈折率の異なる少なくとも2種類の結晶層を周期的に繰り返し、屈折率がそれぞれ n_1 と n_2 である結晶層を用いたとき、結晶層の膜厚はレーザの発振波長を λ としたときそれぞれ $\lambda/4n_1$ と $\lambda/4n_2$ に設定することにより、該DBR構造高反射膜を構成してあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項7】請求項3又は6記載の半導体レーザ素子において、屈折率の異なりかつ格子定数が異なる少なくとも2種類の結晶層を周期的に繰り返したときに、少なく

とも2種類の結晶層では格子歪がそれぞれ反対の符号で導入されており、かつ歪量が全体の膜厚において補償された、歪補償DBR構造高反射膜を構成していることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項8】請求項3、6又は7記載の半導体レーザ素子において、該DBR構造高反射膜は窒化物材料からなり、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$)からなる少なくとも2種類の結晶層から構成され、さらにAsやPを加えることにより屈折率や格子歪を調節した結晶層から構成されていてもよく、屈折率の異なる少なくとも2種類の結晶層を繰り返す周期数を多く設定するに従って反射率を高くできるDBR構造を有していることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項9】請求項1記載の半導体レーザ素子において、該光導波路構造を構成する結晶層は絶縁膜マスクと選択成長技術を利用して設け、少なくとも矩形状の断面形状を有したストライプ構造を構成する全ての結晶層は、絶縁膜マスク幅やマスク間隔に合わせて成長条件を調節した選択成長技術により、該光導波路構造の断面や上面及び側面の形状を第1項に記載したように制御して設けてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項10】請求項1又は9記載の半導体レーザ素子において、該基板上に有限の幅をもつストライプ状の絶縁膜マスクパターンを少なくとも2本設け、絶縁膜マスク間に有限の幅をもつ窓領域となる中央部のストライプを形成してあり、中央部のストライプ領域に選択成長を行って該光導波路構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項11】請求項10記載の半導体レーザ素子において、該絶縁膜マスクにより挟まれる中央部の窓領域幅に相当する、マスク間隔 W_1 は $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ の範囲であるとし、望ましくは $0.3 \sim 10 \mu\text{m}$ の範囲であり、さらに適切な範囲としては $0.5 \sim 2 \mu\text{m}$ であり、これらの範囲の窓領域に該光導波路ストライプ構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項12】請求項10記載の半導体レーザ素子において、少なくとも2本設けるストライプ状の該絶縁膜マスクのうち、一つの絶縁膜マスク幅 W_2 は $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ の範囲であるとし、望ましくは $1 \sim 30 \mu\text{m}$ の範囲であり、これらの範囲の絶縁膜マスクパターンに挟まれた窓領域に該光導波路ストライプ構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項13】請求項2又は3記載の半導体レーザ素子において、該共振器構造や該DBR構造高反射膜を構成する結晶層は絶縁膜マスクと選択成長技術を利用して設け、絶縁膜マスク幅に合わせて成長条件を調節した選択成長技術により、該共振器端面を第2項に記載したように制御して設けてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項14】請求項13記載の半導体レーザ素子にお

いて、該共振器端面を形成するための絶縁膜マスク幅 W_5 は $0.5 \sim 50 \mu m$ の範囲であるとし、望ましくは $1 \sim 30 \mu m$ の範囲であり、これらの範囲にある幅を有した絶縁膜マスクを共振器に隣接するように形成し、選択成長により基板面に垂直な共振器構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 15】請求項 9 乃至 14 のいずれかに記載の半導体レーザ素子において、該光導波路構造を設ける際に、導波路層を形成するための絶縁膜マスクパターンの他にさらに該絶縁膜マスクパターンの両外側に相当する領域にダミーパターンを設けておき、これを含めて該光導波路構造を選択成長するための絶縁膜マスクとして形成しておくことにより、該光導波路構造を構成することを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 16】請求項 15 記載の半導体レーザ素子において、ダミーパターン用の窓領域幅に相当する、該光導波路構造を設けるための絶縁膜マスクとダミーパターンを形成するための絶縁膜マスクとの間隔 W_3 は、該光導波路構造を設けるために必要な中央部の窓領域に相当するマスク間隔 W_1 と同じとするか、或いはそれよりも広く設定してあり、これらのダミーパターンを有した絶縁膜マスクパターンを利用して該光導波路ストライプ構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 17】請求項 15 記載の半導体レーザ素子において、ダミーパターンを形成する絶縁膜マスクのうち、一つの絶縁膜マスク幅 W_4 は、該光導波路構造を設けるために必要な絶縁膜マスクの幅 W_2 と同じとするか或いはそれよりも広く設定してあり、これらのダミーパターンを有した絶縁膜マスクパターンを利用して該光導波路ストライプ構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 18】請求項 15 乃至 17 のいずれかに記載の半導体レーザ素子において、ダミーパターンの窓領域に選択成長した結晶層からなるストライプ構造には、絶縁膜マスクで被覆することにより電流を注入しないように設定してあり、内側に形成した正規の光導波路構造にのみ電流を注入できるようにしてあることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 19】請求項 9 乃至 18 のいずれかに記載の半導体レーザ素子において、ストライプ構造を横方向にアレイ状に並べてあることにより、該光導波路構造が設けられていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 20】請求項 19 記載の半導体レーザ素子において、アレイ状に並べたストライプ構造のうちダミーストライプを除く内側の光導波路構造用に形成した各ストライプに導波される横モードが位相を整合して伝搬し、基本横モードを保ってレーザ発振する位相整合条件を有していることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 21】請求項 1 乃至 20 のいずれかに記載の半導体レーザ素子において、選択成長用の絶縁膜マスクに

用いる材料を酸化物材料又は表面を窒化処理した酸化物材料或は窒化物材料として、選択成長により該光導波路構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 22】請求項 21 記載の半導体レーザ素子において、選択成長用の絶縁膜マスクに用いる材料に SiO_2 , $SiON$, SiN , Si_3N_4 のシリコン酸化物又は窒化物材料を適用して、選択成長により該光導波路構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 23】請求項 1 乃至 22 記載の半導体レーザ素子において、該光導波路構造を形成する選択成長技術は各元素の原料を気相の状態で供給する結晶成長法によって行い、特に有機金属気相成長(MOVPE; Metalorganic Vapor Phase Epitaxy)法を用いて結晶成長することにより、該光導波路構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 24】請求項 23 記載の半導体レーザ素子において、結晶成長における成長温度は $400 \sim 1300^\circ C$ の範囲とし、該光導波路構造を形成する選択成長時における成長温度は $800 \sim 1200^\circ C$ の範囲であり、望ましくは $900 \sim 1100^\circ C$ の範囲であることにより、該光導波路構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 25】請求項 1 乃至 24 記載の半導体レーザ素子において、上記温度範囲で表面を窒化処理した該単結晶基板上に、該光導波路構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 26】請求項 1 乃至 25 記載の半導体レーザ素子において、上記温度範囲で表面を窒化処理した該単結晶基板上に、結晶成長によってパッファ層を形成した後に、該光導波路構造を設けることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 27】請求項 1 乃至 26 記載の半導体レーザ素子において、該単結晶基板が半導体基板またセラミックス基板であり、六方晶系のWurtzite構造であって基板面方位が(0001)C面を有する基板であり、該単結晶基板上に該光導波路構造が設けられていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 28】請求項 27 記載の半導体レーザ素子において、(0001)C面を有する六方晶系のWurtzite構造である基板上に該光導波路構造を設ける場合に、導波路ストライプを形成する方向を該基板の(11-20)A面に平行であるか、或いは垂直となる(1-100)M面に平行な方向に設定することを特徴とする半導体レーザ素子。

【請求項 29】請求項 28 記載の半導体レーザ素子において、六方晶系のWurtzite構造である該単結晶基板はサファイア($\alpha-Al_2O_3$)又は炭化珪素($\alpha-SiC$)基板であり、該単結晶基板上に該光導波路構造が設けられていることを特徴とする半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光情報端末或は光応用計測光源に適する半導体レーザ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】青色波長領域で発光する光デバイスに関しては、従来技術では例えばGaInN/AlGaIn材料を用いた例が示されており、青色発光ダイオードを構成する素子構造について、例えばアブライド・フィジックス・レター1994年、64巻、1687-1689頁 (Appl. Phys. Lett., 64, 1687-1689(1994).)において述べられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術では、Nitride系材料を用いた青色発光ダイオードに関して、発光活性層や光導波層の構成について述べているが、半導体レーザに要求される導波路共振構造に関する内容の詳細については述べられていない。また、半導体レーザの横モードを厳密に制御する構造に関する内容を説明していない。

【0004】本発明の目的は、特にこれまで導波路や共振器の形成が困難であったNitride材料において、材料の特徴に適した導波路共振構造の詳細と結晶成長技術を活かした構造作製の手法を規定するものであり、室温において青紫色波長領域のレーザ動作を達成することにある。さらに、基本横モードを制御しながら、低閾値動作や高出力動作を実現し得る導波路構造を有したレーザ素子を提供する。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための手段を以下に説明する。

【0006】本発明では、従来導波路や共振器を形成することが困難であったNitride材料に対して、選択成長技術を利用することにより、導波路共振構造を作製する。選択成長条件と絶縁膜マスクパターンを規定することにより、断面が矩形状である導波路構造と基板面に垂直な端面を有した共振器構造を同時に作製できる。導波路構造においては、発光活性層を光導波層の中に埋め込んだ形の実屈折率導波による横モード制御型埋め込み(BH: Buried Heterostructure)構造を容易に達成できる。さらに低閾値動作の素子を実現するために、共振器端面にDBR構造高反射膜を形成する。また高出力特性を有した素子は、アレイ状の導波路構造を設けることにより実現する。

【0007】

【作用】目的を達成するため、上記手段の作用について説明する。

【0008】単結晶基板として半導体基板或いはセラミックス基板を用い、基板面方位が(0001)C面を有するWurtzite構造である基板とする。基板表面に絶縁膜マスクを形成して、選択成長技術を用いて結晶成長する。このとき、導波路ストライプを形成する方向は、該基板の(11-20)A面に平行であるか、或いは(11-20)A面に垂直とな

る(1-100)M面に平行な方向に設定しておく。このような条件のもとに選択成長技術を用いて、導波路構造や共振器構造を作製すると、結晶層が基板面に垂直である導波路側面や共振器端面を作製できることを見出した。導波路側面や共振器面を上記のように形状制御するためには、基板表面の窒化処理や成長温度及びマスク幅や間隔を最適範囲に設定することが必要であり、これらのパラメータを規定することが重要であった。

【0009】上記の選択成長条件を適切な範囲に設定することにより、実屈折率差で基本横モードが安定に導波されるBHストライプ構造が一回の結晶成長によって実現できる。また、BHストライプ構造の両側面近傍において、異常成長したり矩形に制御できなかったりすることを避けるために、ダミーパターンを設ける。ストライプ構造の両端に同様な絶縁膜マスク形状からなるダミーパターンを設けておくことにより、内側の導波路構造を高品質な結晶層から構成できる。このダミーパターン上のストライプ構造には電流を注入しないように、絶縁膜マスクによってカバーしておけば、基本横モードの導波が不安定になることはない。これにより、低閾値や高効率動作が期待できる。

【0010】さらに、基板面に垂直な共振器端面に対して、少なくとも屈折率が異なる2種類の結晶層からなるDBR構造高反射膜を形成することにより、格段の低閾値動作が可能である。Nitride材料では、他のIII-V族半導体材料に比べて屈折率が小さいために、端面反射率が20%程度と小さくなるが、DBR構造の周期数を増やすことにより、端面反射率は90%以上に設定でき、最高99%の反射率が得られた。これにより、DBR構造高反射膜を施していない素子に比べて、閾値電流を1/10から1/20に低減できた。

【0011】また、ストライプ構造をアレイ状に設定して、高出力動作を図ることができる。ストライプ構造の本数に依存して、高出力化が可能である。アレイ状のストライプ構造のうち、ダミーストライプを除く内側の光導波路構造に対して、導波される横モードの位相整合条件に合ったストライプを配列させたフェーズドアレイ構造により、基本横モードを保たまま、単体のストライプ構造に比べてストライプの本数倍以上に最高光出力を増大できた。

【0012】以上により、Nitride材料に対して、基本横モードに制御しつつ、低閾値動作や高出力動作を達成する導波路構造を有した半導体レーザ素子構造が作製できる。

【0013】

【実施例】

実施例1

本発明の一実施例を図1(a), (b)により説明する。図1(a)において、(0001)C面を有する α -Al₂O₃基板1を用いてまず温度950~1150℃の範囲で表面窒化処理を

7

行った後、成長温度450～550℃においてGaInバッファ層2、成長温度950～1050℃においてn型GaIn光導波層3を有機金属気相成長法により結晶成長する。その後、絶縁膜の形成とリソグラフィーにより、図1(b)においてマスク間隔 W_1 を1～2 μm とし、マスク幅 W_2 を10～30 μm の範囲に設定した絶縁膜マスク4を形成する。このとき、図1(b)において絶縁膜マスク4を形成する方向を該 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 基板1における(11-20)A面と平行な方向に規定しておく。その後、温度950～1050℃の範囲で選択成長して、n型GaIn光導波層5、AlGaIn光分離閉じ込め層とGaIn量子障壁層及びGaInN量子井戸層からなる圧縮歪多重量子井戸活性層6、p型GaIn光導波層7を順次設ける。次に、絶縁膜8を形成して、リソグラフィーにより、p電極とn電極のパターンを蒸着形成する。さらに、導波路とは垂直な方向に基板を劈開することによって図1に示す素子断面を得、スクライブすることにより素子を切り出す。

【0014】本実施例によると、屈折率導波構造によって導波光を伝搬でき、実屈折率差によって基本横モードを安定に導波するBHストライプ構造を作製できた。本素子では、室温においてサファイア基板上に形成したAlGaInN材料からレーザ動作を確認できた。室温における発振波長は、410～430nmの範囲であり、青紫色の波長領域であった。

【0015】実施例2

本発明の他実施例を図2(a)、(b)により説明する。実施例1と同様に素子を作製するが、実施例1のストライプ構造を作製するためのマスクパターン外側に図2(b)に示すようなダミーパターンを形成しておき、これを含む絶縁膜マスク4を形成する。このとき図2(b)において、導波路構造用にマスク間隔 W_1 を1～2 μm としマスク幅 W_2 を5～30 μm の範囲に設定し、またダミーパターン用としてマスク間隔 W_3 を1～10 μm としマスク幅 W_4 を5～30 μm の範囲に設定しておく。この後、実施例1と全く同様にして素子を作製し、図2(a)に示す素子断面を得る。

【0016】本実施例によると、ダミーパターンにより、導波路ストライプ構造両側壁には異常成長が見られず、導波路層の結晶性を改善させることができた。この結果、実施例2より閾値電流をさらに2/3から1/2に低減できた。

【0017】実施例3

本発明の他実施例を図3(a)、(b)及び図4により説明する。本素子では、実施例2と同様に素子を作製し絶縁膜マスクにダミーパターンを設けておくが、図3(b)に示すように共振方向において絶縁膜マスクを共振器端面部近傍にまで設ける。このマスクパターンにより、個々の素子は最初から共振器端面で分離されることになる。このとき、共振器端面近傍に設ける絶縁膜マスクは、共振方向に隣接する導波路構造との間隔の半分の幅 W_5 とし

8

て、20～40 μm の範囲に設定した。図3(b)において、導波路の方向は該 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 基板1における(11-20)A面と垂直な方向に規定しておく。この結果、選択成長により導波路構造の作製と同時に、基板面に垂直な共振器端面が形成できる。結晶成長した層7に引き続いて選択成長して、歪補償GaInN/AlGaInDBR構造高反射膜8を形成する。この後は、実施例2と同様に素子を作製し、図3(a)に示す素子縦断面と図4に示す素子横断面を得る。

10 【0018】本実施例によると、選択成長により導波路構造と同時に基板面に垂直な共振器端面が形成できるので、基板の劈開により共振器面を形成する必要がない。共振器端面であるNitride材料の(1-100)M面の結晶面に、DBR構造高反射膜を施すことにより、実施例2よりも格段の低閾値動作を達成できた。本素子では、DBR構造高反射膜を設けていない場合に比べて、閾値電流を1/5から1/10にまで低減できた。本実施例では、共振器端面近傍にダミーパターンを設けることにより、共振器端面やDBR構造高反射膜の結晶性や反射率を改善できる。さらに低閾値動作が達成された。

【0019】実施例4

本発明の他実施例を図5(a)、(b)により説明する。実施例2と同様に素子を作製するが、実施例3の導波路ストライプ構造を横に並べてアレイ状にする。アレイ状ストライプの両外側にはダミーパターンを設けておき、絶縁膜マスク4を図5(b)のように形成しておく。このとき図5(b)において、例えば3つの導波路ストライプ構造用にマスク間隔 W_1 を1～2 μm としマスク幅 W_2 を1～10 μm の範囲として設定し、またダミーパターン用としてマスク間隔 W_3 を1～10 μm としマスク幅 W_4 を5～30 μm の範囲に設定しておく。図5(a)に示すように、内側の3つのストライプ構造に電流を注入し、両側ダミーストライプ構造に電流を注入しないように絶縁膜マスクによりカバーしておく。その後、実施例2と全く同様にして素子を作製し、図5(a)に示す素子断面を得る。

30 【0020】本実施例によると、一定の狭い周期に規定したストライプ構造を並べることにより、各ストライプ構造を導波するモードの位相を整合させたフェーズドアレイ構造を形成できた。これにより、多数のストライプ構造を設けても、全体で基本横モードで動作させることが可能となり、単体のストライプ構造である実施例2や3の場合よりも高出力動作が達成できた。本素子の最高光出力は、実施例2や3に比べて3倍から5倍に向上した。さらに、ストライプ構造の本数を増やすことにより、より高出力動作が可能であった。

【0021】

【発明の効果】本発明により、導波路や共振器の形成が困難であったNitride材料に対して、選択成長技術を用いて半導体レーザに必須となる導波路共振構造を作製す

50

ることができた。導波路構造は、実屈折率差によって基本横モードを安定に導波するBHストライプ構造を容易に形成できた。この結果、サファイア基板上に形成したAlGaInN材料からなるレーザの室温における動作を確認できた。室温における発振波長は、 $410 \sim 430 \text{ nm}$ の範囲であり、青紫色の波長領域であった。ストライプ構造の両外側にダミーパターンを導入することにより、閾値電流を $2/3$ から $1/2$ に低減できた。さらに、基板面に垂直な共振器端面を形成した後、DBR構造高反射膜を設けることにより、格段の低閾値動作を達成し閾値電流を $1/5$ から $1/10$ に低減できた。また、3本の導波路ストライプ構造を位相整合させたフェーズドアレイ構造にすることにより、基本横モードのまま単体のストライプ構造に比べて最高光出力を3～5倍にまで増大させることが可能であった。

【0022】本発明の実施例では、六方晶系のWurtzite構造であり(0001)C面を有したサファイア基板上に作製したAlGaInN半導体レーザについて説明したが、他の六方晶系の基板であるSiC等の基板や、Zinc Blende構造であり(111)面を有した基板であるGaAs, InP, InAs, GaSb, GaAsP, GaInAs, SiC, ZnSe, ZnS等の基板上に作製した半導体

レーザに対しても本発明の内容を適用できることは言うまでもない。

【0023】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す素子構造縦断面図(a)と上面図(b)。

【図2】本発明の他実施例を示す素子構造縦断面図(a)と上面図(b)。

【図3】本発明の他実施例を示す素子構造縦断面図(a)と上面図(b)。

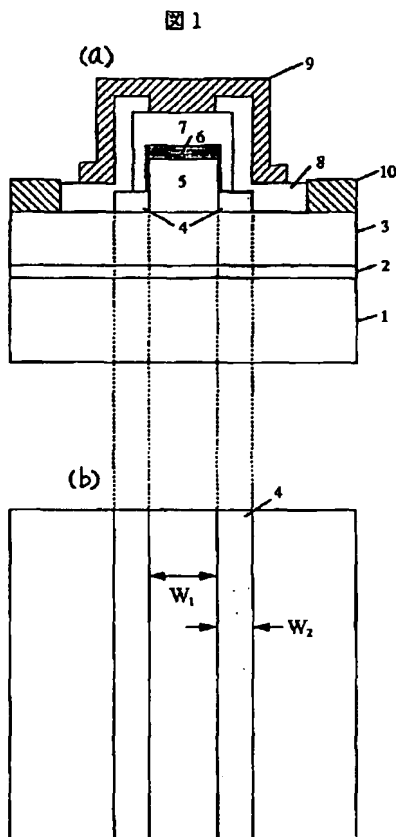
【図4】本発明の他実施例における素子構造横断面図。

【図5】本発明の他実施例を示す素子構造縦断面図(a)と上面図(b)。

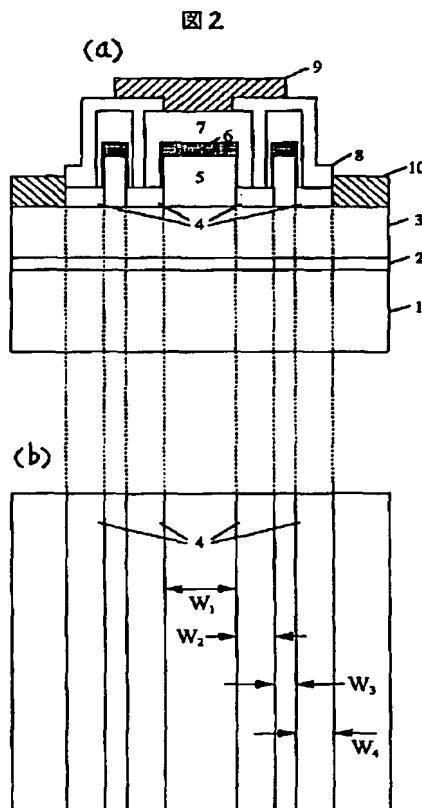
【符号の説明】

1. (0001)C面サファイア単結晶基板、2. GaNバッファ層、3. n型GaInN光導波層、4. 絶縁膜マスク、5. n型GaInN光導波層、6. GaInN/GaN/AlGaIn多重量子井戸構造活性層、7. p型GaInN光導波層、8. 絶縁膜、9. p電極、10. n電極、11. 亜補償GaInN/AlGaInDBR構造高反射膜。

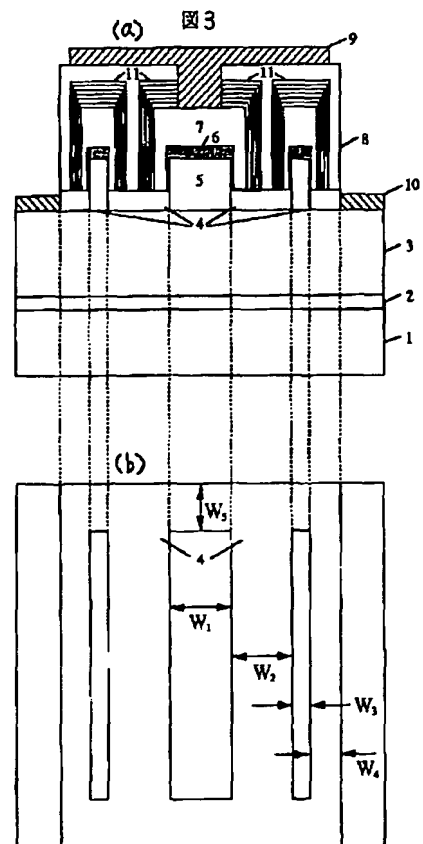
【図1】



【図2】

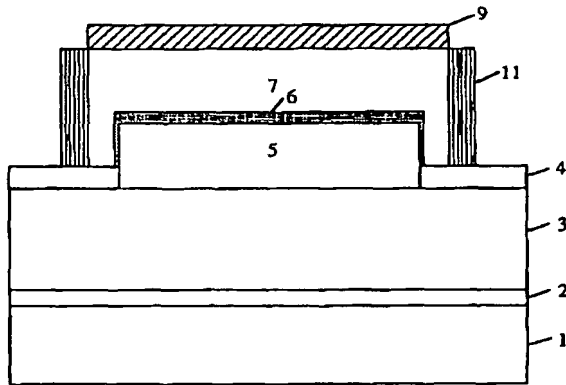


【図3】



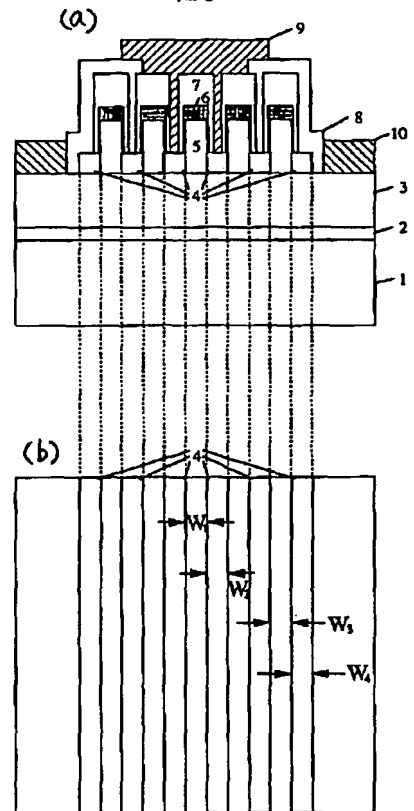
【図 4】

図 4



【図 5】

図 5



フロントページの続き

(72) 発明者 赤松 正一
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 皆川 重量
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地
株式会社日立製作所中央研究所内